



TITLE:

Shell Effect on the Energy Dependence of the Nuclear Level Density(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

Maruyama, Michio

CITATION:

Maruyama, Michio. Shell Effect on the Energy Dependence of the Nuclear Level Density. 京都大学, 1970, 理学博士

ISSUE DATE:

1970-01-23

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/213311>

RIGHT:

氏 名	丸 山 倫 夫 まる やま みち お
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	論 理 博 第 292 号
学位授与の日付	昭 和 45 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	Shell Effect on the Energy Dependence of the Nuclear Level Density

(原子核レベル分布密度のエネルギー依存性に現われる殻効果)

論文調査委員	(主 査) 教 授 武 藤 二 郎 教 授 柳 父 琢 治 教 授 安 見 真 次 郎
--------	--

論 文 内 容 の 要 旨

原子核の準位密度については、ベーテによって自由ガス模型が導入されて以来、いくつかの理論的模型が提出されているが、中でも、フェルミ・ガス模型が原子核の問題を論ずるときに最もよく用いられている。この理論によれば、原子核の励起エネルギー E における準位密度 $\rho(E)$ は

$$\rho(E) = E^{-2} \exp [2\sqrt{aE}]$$

の形で与えられる。一方、実験的に種々の核について、種々の反応を測定することによって準位密度の実測が行なわれており、その多くはこのフェルミ・ガス型によく合うとされているが、中には、核を熱力学的に取扱って得られる温度を T とするとき、 $\rho(E) = \exp [E/T]$ の形をとる、いわゆる定温度型の式に合うとされるものもある。

申請者は原子核の準位密度の分布型が原子核の質量数 A と共にどのように変化するかを、多くの核について系統的に同一実験条件の下に測定し、これらの分布型の変化が原子核の殻構造と強く関連していることを示すのに成功した。

申請者は日本原子力研究所のバン・デ・グラーフから得られる中性子を用いて、その原子核による 90° 方向への非弾性散乱を測定し、散乱中性子のエネルギー・スペクトル $N(E_n)$ を飛行時間法によって求めた。入射中性子のエネルギーは 3.57MeV から 8.52MeV にいたる10種のエネルギーにわたり、調べた原子核は Co, Ni, Cu, As, Br, Sr, Y, Nb, Ag, In, Sn, Sb, I, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Ho, Ta, Au, Bi の22元素で、原子番号27から83にわたっている。

核反応の複合核過程に対する統計理論によれば、 $N(E_n)$ と $\rho(E)$ との間には

$$N(E_n) = \text{const} \cdot E_n \cdot \sigma_c(E_n, E) \cdot \rho(E)$$

の関係がある。 $\sigma_c(E_n, E)$ 即ちエネルギー E_n の中性子の吸収断面積は既に多くの測定値があるので、これによって $\rho(E)$ を求めることができる。申請者は各原子核について、10種のエネルギーについて導出された10個の $\rho(E)$ を最少自乗法によって重畳し、それぞれの原子核について励起エネルギーが 2.5MeV か

ら 7.5MeV の範囲にわたり $\rho(E)$ を確定した。

その結果, Co, Cu, As, Br, Ag, I, Ho, Ta, Au の 9 例 (第一群) についてはフェルミ・ガス型; La, Ba, Ce, Pr 4 例 (第二群) については定温度型; In, Sn, Sb, Cs の 4 例 (第三群) は複合型; Ni, Sr, Br の 3 例 (第四群) はコンケイブ型 (横軸に E, 縦軸に $\rho(E)$ の対数をとるとき上方に凹になる) であることがわかった。

これら単位密度の分布型の異なる原子核の群を, 原子核の殻模型の観点から眺めると, 核を構成する陽子(Z), 中性子(N)の数が, それぞれ, いわゆる閉殻を形成する数 (魔法数) から遠いか近いかに関係して群を構成している。即ち, 第四群は複閉殻 (N, Z 共に魔法数) に近い核, 第三群は陽子閉殻に近い核, 第二群は中性子閉殻の核であり, 第一群は閉殻から遠い核である。これらのことは単位密度分布の型がその核の殻構造に強く関連していることを暗示している。

そこで申請者は中性子, 陽子の数が魔法数 $N=82$, $N=126$ に近い核について, 実験によって確立されている単位データを援用しつつ, 原子核の殻模型から導き出される励起準位を一つ一つ人為的に算出する作業を電子計算機によって遂行し, 殻模型の立場での, いわば理論的単位密度分布というべきものを求めた。この作業の結果は申請者が実験的に得た単位密度分布と極めてよい一致を示すことが明らかとなった。そこで申請者は単位密度分布の型と殻模型との関連性を整理した結果, 単位密度分布のタイプはその核の基底状態における殻の充足度, (陽子系, 中性子系のそれぞれについて, 殻模型で現われる広いエネルギー・ギャップの上下にある粒子数とホール数の和) と強く関連していることを見出し, 陽子充足度と中性子充足度とをそれぞれ座標軸にとったとき, 単位分布の 4 種のタイプがその図上のどの範囲に現われるかを定性的に示すことに成功したのである。

論文審査の結果の要旨

原子核には多くの励起準位があるが, 準位の数是一般に励起エネルギーの高い程多くなり, その準位間隔は小さくなる。原子核のエネルギー単位密度の分布を, 個々の原子核の個性をはなれて大局的に説明する理論としては, 原子核を陽子と中性子の気体球と考え, 核子を狭い空間に閉じ込められた互いに相互作用のほとんどない自由粒子として取扱う, いわゆるフェルミ・ガス模型があり, この取扱いで理論的に導かれる励起準位関数は多くの場合, 実測値と一致するとされてきた。ただし, 多くの核の中には, この関数と一致しない例もいくつか知られていたが, 理論の明析さにおいて, 大局的には正しいものとされてきている。

申請者は多くの核について, その単位密度分布を系統的に実測し, それらの型が 4 種に分類されることを示し, そのちがいが, 原子核の殻構造に由来するものであることを示すのに成功した。

申請者は極めて慎重な実験的配慮の下にコバルトからビスマス (原子番号 27 から 83) に至る 22 種の原子核について, その核による中性子非弾性散乱の実験を行ない, まず散乱中性子のエネルギー分布を飛行時間法によって求めた。このエネルギー分布から, 既知の中性子捕獲断面積を用いて原子核の単位密度関数 $\rho(E)$ を求めるのであるが, その際にも, 入射エネルギーによる変化, 採用すべき断面積のちがいなどについて慎重な検討を加え, 極めて信頼性の高い $\rho(E)$ の形を各原子核について実験的に定めることに成功

した。

申請者はこれら多くの核種について $\rho(E)$ の形を調査し、それらが4種類のタイプ、即ち、フェルミ・ガスモデル型、定温度型、複合型、コンケイブ型の4種に分類され得ることを見出した。しかもこの4種の分類に入るそれぞれの原子核は、その核を殻模型 (shell model) の観点からみたとき、その原子核の陽子数 (Z) および中性子数 (N) が、それぞれ、いわゆる魔法数 (magic number) に近いか遠いかによって分かれていることを見出した。申請者はこの $\rho(E)$ の型と殻模型との関連性を一層確実なものとするために、殻模型の立場からそれぞれの核について凡ゆる可能な励起準位を電算機を用いて数え上げる作業を行ない、殻模型に基づく推計励起準位密度とも呼ぶべき理論的密度分布を作成し、この分布と実測による分布との比較を試みて極めてよい一致の得られることを見出した。このように、個々の核について広い励起エネルギーの範囲にわたって可能な準位の数を数値的に数え上げた例は今までになく、申請者が初めて行なったことである。このような励起準位函数のタイプと殻模型との関連性について申請者は更に考察を進め、原子核の基底状態における陽子、中性子のそれぞれの殻充足度 (陽子、中性子について、それぞれの閉殻の上下に存在する粒子数とホール数の和を与える数値) の数値の組み合わせがそれぞれの核の準位密度分布のタイプと強い対応関係にあることを示すことに成功した。

原子核を気体球として取扱うフェルミ・ガス模型と、個々の核内核子の軌道を考える殻模型とは元来、極めて異なる観点から提起された原子核模型であって、励起準位の密度について殻模型の観点からこのような分析の行なわれた例はない。申請者の論文は広い範囲の多くの原子核についてその励起準位密度函数の信頼性ある実測値を与えると共に、これらの準位密度函数の形が原子核の殻構造と深い関連をもつことを示すことによって、原子核物理学の分野に新しい知見を加え、新しい問題を投げかけたものといってよく、理学博士の学位論文として充分価値のあるものと認める。